

東洋大学学術情報リポジトリ Toyo University Repository for Academic Resources

## 技術転換期における既存企業の適応行動

著者	寺畑 正英
雑誌名	現代社会研究
号	12
ページ	43-50
発行年	2014
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1060/00007069/">http://id.nii.ac.jp/1060/00007069/</a>

# 技術転換期における既存企業の適応行動

寺 畑 正 英

技術転換期には、その製品を構成する主要な技術が入れ替わり、部品と部品の結びつき方が変わる。その結果、ドミナント・デザインが変化する。このような変化に対して、既存企業は、その認識が遅れて、対応が後手に回ってしまうことがある。この原因として、製品アーキテクチャを的確に把握することが難しいということと、技術の非連続性を認識する事が難しいことが挙げられる。具体的には、新しい技術の革新性や代替可能性に関する評価が困難であり、本当に代替しうのか、あるいは代替するスピードはどのくらいの期間なのかを認識する事が困難であるということである。さらに、製品アーキテクチャや新しい技術の重要性は、客観的に決まるものではなく、社会的に構成されるということも理由である。そのため、既存企業は新しい技術の方向性を予測することが困難になり、対応が遅れてしまうのである。

**keywords：**技術転換、ドミナント・デザイン、製品アーキテクチャ、コンピタンス、技術の社会的構成

## 目 次

1. はじめに
2. 技術体系の理解に関する議論
3. ドミナント・デザインの形成と企業の認識
4. 技術の非連続性
5. おわりに

### 1. はじめに

本論文は、技術転換に既存企業が適応する行動について、これまでの研究蓄積を詳細に検討し、その成否に影響を及ぼす要因を整理するものである。ある製品に関する中核的な技術が新しいものに転換する時、既存企業が新しい技術に適応することは困難であることが指摘されている。その製品に関わる技術体系について、すでにドミナント・デザインが確立し、コンポーネントの技術や製品アーキテクチャが安定していれば、関連する企業はそれらの枠組みに従って技術開発や製品開発を行っている。新しい技術が登場することによって、それらの枠組みが変更されるため、既存企業はその変化に適応することを求められる。

このような既存企業の適応に関して、大きく分けると二つの見解がありうる。一つは、既存企業は技術変化へ適応することが比較的容易であろう

という見解である。既存企業は、経営資源を豊富に所有している場合が多いため、研究開発に多くの資源を投入することができる。したがって、新しい技術への適応が容易であるという考え方である。もう一つは、既存企業は、新しい技術の脅威を過小評価するといった要因で、その転換に遅れるという見解である。いずれにしても、ここで一番の問題となるのは、新しい技術に対する既存企業の認識である。すなわち、既存企業が、新しい技術をどのように意義づけ、どのくらいのスピードで既存の技術に代替していくかということやどのように認識するかということである。このような認識を的確に行うためには、技術体系と顧客のニーズに対する深い理解が必要であろうと推察される。

本論文では、技術転換期に新しい技術体系を認識する既存企業が直面する問題点について理論的に考察し、それを的確に認識する企業とそうでない企業に分かれる要因について議論する。まず、技術体系の認識に関わる議論について、既存の研究を整理し、その上で企業が技術体系を理解する上で必要な要因に関して議論する。

### 2. 技術体系の理解に関する議論

ある製品分野に新しい技術が現れたときに、そ

の技術がどのような意義を持ち、既存技術と代替しうるのか、さらにどのくらいのスピードで代替しうるのかということを認識することは、既存企業にとっては困難な事が多い。なぜならば、これまでの当該製品に関する技術体系のパラダイムに慣れていると、新しい技術に関する評価を行う能力が低くなるという可能性がありうるからである。一方で、既存企業は研究開発に投資する余力があるはずであり、新しい技術を発見することは出来るはずであるが、その技術を正当に評価することが出来ないという可能性もある。このような既存企業による新規技術の評価や認識がなぜ困難になるのかを議論するために、先行研究において技術体系をどのように認識するべきであると考えられているのかを整理する。

技術体系のような人工物をどのように認識するかという問題について、古くは Simon (1969) の議論まで遡ることが出来る。Simon は、人間によって合成された人工物は複雑なシステムであり、階層的な構造を持っていると指摘した。「複雑なシステムにおける構成要素は全体機能に貢献する特定の部分機能を遂行する (訳書、p. 201)」ものであり、「かかる複雑な構造物をデザインするための有力な方法の一つは、そのような構造物を、多数の機能的部分に対応した半独立の構成要素に分解する、適当な方法を見出すことである。(訳書、p.202)」つまり、構成要素内は比較的緊密に結合しているが、構成要素間は緩く結合するという方法でシステムの複雑性を制御する、いわゆる準分解可能性について議論し、人工物の階層的性質を指摘した。これは、システムの様々な次元に対応しており、全体と部分や、長期的な問題と短期的な問題など、複雑なシステムを人間がデザインする方法として有力な方法であることを示している。

その後の製品アーキテクチャに関する議論は Simon のアイデアを継承している。Ulrich (1995) では、工業製品における製品アーキテクチャを、製品の機能を物理的な部品に割り振るスキーマとして捉えている。製品アーキテクチャとは部品と部品の結びつき方を表すものである。製品アーキテクチャをどのようにデザインするかによって、

製品の変化や多様性、部品の標準化、製品の性能向上、製品開発管理などに有益であると指摘している。製品アーキテクチャをどのようにデザインするかという問題に関しては、大きく分けてインテグラル型とモジュラー型に分類している。インテグラル型とは部品と部品の結びつき方が多対多となっており、複雑に絡み合っている。それに対して、モジュラー型は部品と部品の結びつき方が単対単になっている。モジュラー型の場合は個々の部品を独立に認識することが可能で、インターフェースを単純に認識することができる。技術開発をする場合にも、生産活動をする場合にも、個々の部品を独立にとらえ、それぞれの部品に関するイノベーションを促進し、組織を分割することも可能になる。

このように、製品アーキテクチャの議論によって、製品という人工物を分解する方法を議論することが可能になったといえる。しかしながら、ある製品を部品に分解する方法が必ずしも合意を得られない場合が存在する。インターフェースの規格競争は具体例となるが、コンポーネントの範囲をどこまでが独立していると捉えるかという問題は企業毎に解釈の余地が存在する場合がある。その解釈の仕方によって、企業行動の成否が別れる。

Henderson and Clark (1990) では、製品アーキテクチャの議論に関連して、イノベーションを分類する軸として、コンポーネントのコア技術に関する軸とコンポーネント間のつながり方に関する軸の二つを利用し、4分類を形成している (図1)。彼女たちは、特に、コンポーネントのコア技術を強化し、コンポーネント間の関連性を変化させるアーキテクチャ・イノベーションに注目している。既存企業がこのタイプのイノベーションに適応する事に困難を感じているからである。インクリメンタル・イノベーションは既存企業のコア・コンピタンスを活用する「能力増強型 (Tushman and Anderson, 1986)」のイノベーションであるため、既存企業の地位を強化する。また、ラディカル・イノベーションは既存企業の能力を破壊するという意味で、既存企業に明確な危機感を与える。それに対して、アーキテクチャ・イノベーションでは、既存企業が所有している

図1 Henderson and Clark(1990)におけるイノベーションの分類

製品のコア・コンセプト			
		強化	入れ替え
コア・コンセプトとコンポーネント間の関連性	不変	インクリメンタル・イノベーション	モジュラー・イノベーション
	変化	アーキテクチャル・イノベーション	ラディカル・イノベーション

出所：Henderson and Clark (1990)、p.12 より筆者が作成

個々のコンポーネントに関する知識の大部分は有用であるが、製品アーキテクチャに関する変化だけを認識する事は困難であり、なおかつその知識を構築することが困難である。アーキテクチャル・イノベーションは、既存企業の能力をそのまま活用できるわけでもなく、かといってそのイノベーションの破壊力を理解しづらいため、既存企業にとって脅威であるといえる。

このように、製品アーキテクチャに関する理解とその認識方法の相違から発生する問題については議論が相当深まっている。アーキテクチャルな知識は認識が困難なため、一度確立されてしまうとそれを変更することが困難であると考えられる。そこで、既存企業がアーキテクチャルな知識を確立するプロセスに関する議論を詳細に検討して、認識の固定性について考察する。

### 3. ドミナント・デザインの形成と企業の認識

製品アーキテクチャや技術体系を個々の企業が

認識するプロセスはどのようなになっているのだろうか。この問題に示唆を与えているのは、ドミナント・デザインの形成プロセスに関する議論であろう。Abernathy (1978) によると、産業の形成期には、支配的な技術が存在しないため、プロダクト・イノベーションが数多く出現する。その後、技術的な優位性を巡る競争の結果、ドミナント・デザインが確定してからはプロセス・イノベーションが高い頻度で出現するようになる。プロダクト・イノベーションは製品としての性能を高めるためのイノベーションであるが、製品に対する技術が確立されるドミナント・デザイン成立以降は、品質やコストを高めるプロセス・イノベーションが支配的となる。やがて、プロセス・イノベーションをも減少してくることによって、その製品は固定期となり、産業が成熟していく。

ドミナント・デザインが出現するということは、ある製品アーキテクチャが産業の主要プレイヤーに共有されていることを意味する (Clark, 1985; Henderson and Clark, 1990)。製品の基本デザイ

ンが確定し、コンポーネント間のインターフェースが固定化し、モジュール化などが進みやすくなる。このように、基本的なデザインが共有されることによって、これまでとは異なった競争次元が現れることになる。ドミナント・デザインの登場により、プロセス・イノベーションが増加するが、プロダクト・イノベーションを推進していたプレーヤーとは異なるプレーヤーが登場する可能性があるのである。たとえば、モジュールの独立性が高まることによって、部品レベルの製造業者などによって、イノベーションが行われるようになる。

このように、ドミナント・デザインの確立は競争の在り方を変える事があるが、確立前後の変化は、既存企業にとって、あまり大きな問題ではない。ドミナント・デザインの形成プロセスに関しては、通常、関連する主要プレーヤーが徐々にその認識を形成している。さらに、個々の企業の認識だけでなく、企業内の様々な利害関係者の認識も徐々に形成されている。ドミナント・デザイン形成時に起きている技術変化は、既存企業の能力を活かせば十分に対応可能である (Tushman and Anderson, 1986)。このように、既存企業にとって、ドミナント・デザインの形成プロセスで発生する変化に適応する事は比較的容易であると考えられる。

Abernathy らに従えば、ドミナント・デザインの確立後はプロセス・イノベーションが増加すると考えられているが、プロダクト・イノベーションに関わる技術変化に関しては減少しているため、製品アーキテクチャに関わるような変化は少ない。したがって、その点で既存企業の能力を活かした戦略をとることが可能であるとも言える。もちろん、プロセス・イノベーションはプロダクト・イノベーションとは異質であるため、その対応に困難がある可能性はあるが、製品アーキテクチャに関わるような戦略をとる上で既存企業の予測が容易である。つまり、既存企業にとって、製品の技術体系である製品アーキテクチャに関する認識を変更することのない変化は対応が比較的容易であるが、製品アーキテクチャに対する認識を変更する必要がある変化は対応が困難であると考

えられる。

製品アーキテクチャに関わるような新しい技術が登場することによって、ドミナント・デザインが変化するが、既存企業にとって、この変化を受け入れることは困難になる。その理由は大きく分けると二つありうる。一つは新しい技術が旧来の技術に代替しうるかどうかを評価する基準を構築することが困難であるからである。もう一つは新しい技術が既存の技術に比べて大きく異なる場合には、その技術に関する能力を習得することが極めて困難であるからである。そこで、この2つの問題に関わる技術の非連続性について次節で詳細に検討する。

#### 4. 技術の非連続性

新しい技術の評価基準を企業が構築することの困難は、多くの論文で指摘されている (Christensen, 1997; Foster, 1986; Henderson and Clark, 1990; Tushman and Anderson, 1986)。これらの議論では、既存技術と新技術の間の非連続性に焦点をあてて、既存企業が新技術を評価することが困難である理由を提示している。評価基準を決めることが困難になる理由として、大きくは二つの要因が挙げられている。一つは技術自体の優位性を測ることが困難であるということであり、もう一つは新しい技術が市場に受け入れられるかどうかという問題である。技術自体の優位性に関しては、新しい技術のパフォーマンスが古い技術のパフォーマンスより高いかどうかを客観的に評価することが難しいという問題だけでなく、コスト・パフォーマンスの評価に関する困難も含まれている。市場に受け入れられるかどうかという問題は、技術やコスト・パフォーマンスに関する顧客の評価を指している。企業は、技術の優位性だけでなく、市場における顧客の評価も考慮しなければならず、技術自体の評価と顧客の評価のコントロールが課題になる。

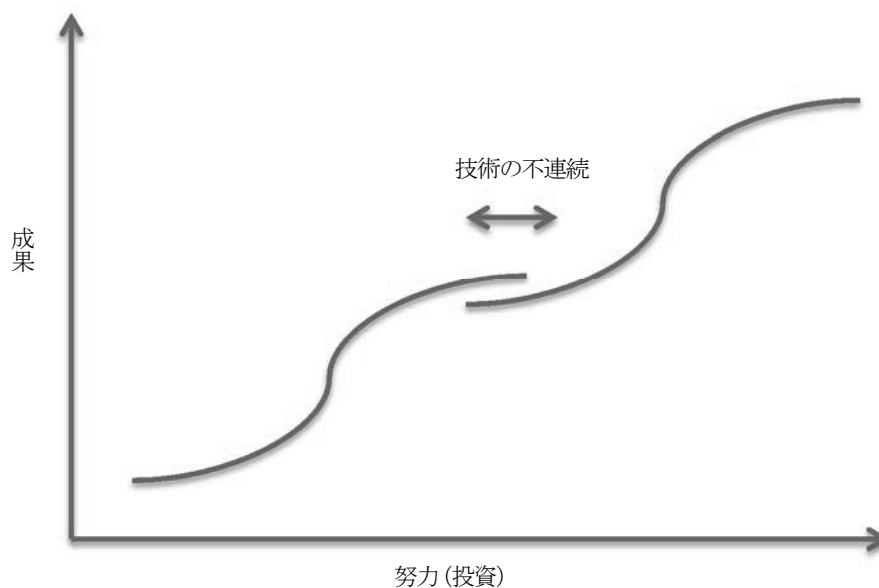
新しい技術と旧技術の間にどの程度非連続性があるのかという問題は、既存企業の戦略や新しい技術の担い手である新規参入企業の成否に関わるため、重要な問題である。しかしながら、これら

の技術自体の差異を客観的に計測する事は困難である。技術の非連続性は、企業戦略に関わる現象に限った場合、技術的性質の差異だけではなく、それらの非連続的な技術に企業が対応出来たかどうかによるものであるからである。たとえば、既存企業が新技術に対応することが可能であった場合に、新技術と旧技術の非連続性を仮定することが困難である。カメラ産業において、銀塩カメラからデジタルカメラへと変遷した現象に関して、この二つのカメラの技術特性は、かなりの程度異なっていると考えられる。また、顧客の立場から考えても、銀塩カメラからデジタルカメラに移行することによって、撮影と現像のあり方が根本的に異なっており、同じ機能を発揮しながらも異なった使い方をする製品だと認識されている。しかし、企業の戦略的行動に注目すると異なった見方ができる。銀塩カメラの場合、画像を記憶する媒体がハロゲン化銀を含んだフィルムであり、その性能を左右するものは光学レンズや機械的な技術である。デジタルカメラの場合、中核技術は固体撮像素子と電子的な回路であり、焦点となる技

術が異なっている。つまり、既存の銀塩カメラのメーカーにとっては、同じカメラであっても異なった技術を利用した製品であり、デジタルカメラに関わる技術を取得することは困難な可能性もあった。しかしながら、実際には、多くのカメラ・メーカーは銀塩カメラからデジタルカメラへの転換をスムーズに行っている。このように既存企業がまったく異なった技術にスムーズに転換している場合に、この二つの技術を非連続的と捉えるか、連続的と捉えるかは判断が難しい。

もちろん、これまでの技術の非連続性をどのように判断するかという問題に関しては、様々な先行研究が存在した。たとえば、Foster (1986)であれば、既存の技術と新しい技術の関係性について、S 曲線を使って説明している。S 曲線とは、ある製品と製法を改良するために投じた費用と、その投資がもたらす成果との関係を示すグラフであり、多くの技術はある程度の成長の後に、成果が頭打ちとなることを示している (図2)。新しい技術とは既存の技術を超えるような成果を示すようなものであり、新技術が市場に出現したばか

図2 Foster の S 曲線



出所：Foster (1986) より筆者が作成

りの初期段階では既存の技術に劣るものの、その後の努力投入によって、旧技術を上回る成果を出すことを示している。このような新しい技術は全く新しい知識基盤や技術体系に基づくために、既存技術に基づいていたリーダーがその地位を奪われることがあると述べている。Foster は新しい技術が既存の技術を凌駕し、既存の技術に依拠した企業に脅威を与えていることを示している。

Tushman and Anderson (1986) では、非連続的な技術変化について、既存企業の能力を活用できるかどうかに着目して、二つに分類している。一つは既存企業の能力を破壊する技術変化であり、もう一つは既存企業の能力を高める技術変化である。当然、後者の技術変化に対して既存企業は対応することが可能であるが、前者の技術には対応が難しい。その理由として、新しい知識やスキルなどが必要となることを挙げている。製品技術であっても生産技術であってもこれまでとは全く異なった知識とスキルが必要になるからである。また、このような新しい知識に対する対応が遅れる背景として、既存企業が技術変化に影響を及ぼす外部環境に対応出来ないという組織的問題にも触れている。

Henderson and Clark (1990) では、その非連続性を説明するうえで、既存企業の対応が困難であるアーキテクチャ的な知識の重要性を指摘している。これは、コンポーネント・レベルでの技術に非連続的な変化がなくても、コンポーネント間のつながり方が非連続的に変化するイノベーションを指している。このような場合、既存企業が対応することが困難な場合がある。それは、製品アーキテクチャに関する知識を抜本的に変更することが困難であり、それらに基づいた組織のあり方を必要としているからである。

Christensen (1997) らは、非連続的な技術変化として、破壊的イノベーションの存在を指摘している。彼らは、破壊的イノベーションの対比として持続的イノベーションの存在を挙げているが、持続的イノベーションとは顧客が製品につい

ての評価尺度を変更しないタイプのイノベーションで、このようなイノベーションにおいて既存企業は引き続き主導的な役割を果たしていた。しかし、破壊的イノベーションでは、既存企業はその地位を奪われてしまう。注意しなければならないのは、Christensen の取り上げている破壊的イノベーションでは、技術的な面では、非連続性が確認できないということである。技術的な面で既存企業が対応出来ないわけではないにも関わらず、新しい技術を利用した製品を投入する事に失敗している。これは既存企業が新しい技術の評価を誤った事によるが、その理由として、既存の顧客を重視しすぎて、顧客層の変化や顧客の評価基準の変化を見過ごしてしまうことが原因であると指摘している。新しい技術に基づく製品は、Foster も指摘しているように、当初は既存技術に基づいた製品よりも性能が低く、既存の顧客による高い評価を得られない。したがって、過小評価してしまうという論理である。Christensen の指摘した破壊的イノベーションの非連続性は、技術的な非連続性ではなく、新しい技術を顧客がどのように評価するかによって決まる非連続性であることを指摘している<sup>1</sup>。

これまでの議論からわかるように技術の非連続性は、その客観的特性などによってわかるものではなく、それらの技術を扱う生産者や顧客など様々なプレーヤーの解釈によって決まる。また、非連続的な技術変化は必ずしもわかりやすいものではなく、製品アーキテクチャや新規顧客の評価基準など既存企業にとっては認識が困難な対象である事が多い。したがって、新しい技術の非連続性に関する共有された認識が成立するプロセスで、非連続性を事前に予測し、行動を準備することは困難であると考えられる。このように、技術変化を認識する事が困難である状況を分析する枠組みとして、技術の社会的構成に関わる議論が一定の貢献があると考えられる。

<sup>1</sup> Clark (1985) でも、技術変化と顧客の関係性について指摘しているなど、技術変化に対する顧客の影響力を指摘している先行研究はいくつか存在している。

## 5. おわりに

本論文は、ある産業ですでに事業活動を行っている企業が新しい技術に適應する時にどのような問題が発生しているのかを考察した。その製品の中核を占める技術に新しい技術が登場することによって、このような変化に対して、既存企業は、その認識が遅れて、対応が後手に回ってしまうことがある。このように新しい技術に対して既存企業が的確に認識できないという問題について、まず、技術体系をどのように認識するのかというところから検討した。

伝統的な枠組みでは、技術体系を階層性のあるシステムとして理解するという考え方が支配的であった。たとえば、全体の機能を部分に分解し、それを階層的に統制するという準分解可能性は複雑な人工物をコントロールする上で必要な枠組みであった。これを具体的に議論したのが製品アーキテクチャの議論である。しかしながら、これらの枠組みを理解して、企業戦略につなげることは困難であるという事例が散見される。製品アーキテクチャを的確に認識し、コアとなる技術が新しい技術に変更されることによって、どのような影響があるのかを企業が認識する事に失敗していることがある。これは新しい技術の影響力を評価する事の困難を示している。つまり、技術の非連続性をどのように理解するかという問題になる。新しい技術の革新性や代替可能性の程度、そして代替のスピードについて、技術自体の論理だけでそれらが予測できるわけではなく、その技術に関連する行為主体が様々な影響を及ぼし、その結果、場合によっては必ずしも合理的ではない方向に技術が発展するからである。ここまでが本論文で整理したポイントであるが、今後の発展可能性として、新しい技術の評価や技術発展の方向性が一意的に決まらないという問題の展開を考えるために、技術の社会的構成に関わる議論について触れたい。

技術の社会的構成に関わる議論では、技術に関する現象を決定論的ではなく、様々な行為主体からの影響によって決まるものとして捉えている。これまでの技術変化に関する議論においては、技

術はそれ自体の論理で発展し、企業にとって技術は外部環境であるという考え方が支配的であった。しかし、技術の社会的構成に関する議論では、技術の発展プロセスには多様な利害関係者の影響があり、必ずしも一意的に進化の方向性が決まるものではない事を指摘している。

技術の社会的構成に関する初期の研究である Bijker, Hughes and Pinch (1994) では、技術進化のプロセスは選択淘汰のプロセスであると捉えている。つまり、技術進化は多くの変異型が発生して、環境に対して適合する種のみが残り、それ以外は淘汰されていくというプロセスを想定している。この選択淘汰のプロセスに影響を及ぼしているのが多様な関連社会集団である。選択淘汰のプロセスも必ずしも直線的ではなく、これらの社会集団からの影響を受けて、複雑な経路を辿っているというのが、彼らの主張である。

かれらの技術進化観に基づく、ドミナント・デザインはそれまでに発生した様々な変異型の中から選択淘汰された技術体系であると言えることができる。ドミナント・デザインに至る技術進化は、技術体系の中に存在する論理で進化するものではなく、社会的に作られたものである。コンポーネント自体の進化とコンポーネント間の関連性について、何度もトライ・アンド・エラーが繰り返され、ドミナント・デザインに到達する。これらのドミナント・デザインが形成されるプロセスで、それぞれの技術の主導権を主張する各社会集団が競合するが、最終的に支配的な技術が確立する時に、必ずしも技術的優位性が高い技術が選択されるわけではない。関連する社会集団の政治的な権力によって優位性が決定する場合がある。

このように、技術の社会的構成は新しい技術が支配的になるプロセスを分析する上で、有用な枠組みを提供しているように思われる。ある技術が支配的であるためには、必ずしも技術的な優位性が必要なわけではなく、関連する行為主体の影響力を考慮する必要がある。既存企業においても、新しい技術を評価する上で、そのような政治的プロセスも考慮に入れて評価をする必要がある。この点に関して、技術の社会的構成に関する議論も発展しており、今後の課題となる (MacKenzie



and Wajcman, 1999)。

#### 参考文献

- Abernathy, W. J. (1978). *The productivity Dilemma*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Abernathy, W.J., K.B. Clark and Alan M. Kantrow. (1983). *Industrial Renaissance : Producing a Competitive Future for America*. New York:Basic Books. (日本興業銀行調査部訳『インダストリアル・ルネサンスー脱成熟化時代へ』TBS プリタニカ ,1984)
- Anderson, P. and M. Tushman (1990). Technological Discontinuities and Dominant Designs A Cyclical Model of Technological Change.*Administrative Science Quarterly*, 35, 604-633.
- Bijker, W., T. Hughes, and T. Pinch (1994). *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Baldwin, C.Y., and K.B. Clark (2000). *Design Rules, vol. 1: The Power of Modularity*, Cambridge, MA :MIT Press (安藤晴彦訳,『デザイン・ルール』東洋経済新報社 ,2004).
- Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma*, Boston, MA: Harvard Business School Press (伊豆原弓訳『イノベーションのジレンマ』翔泳社 ,2000).
- Clark Kim B. (1985). The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution. *Research Policy*, 14, pp. 235-251.
- Foster, R. N. (1986) *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books (大前研一訳『イノベーション：限界突破の経営戦略』TBS プリタニカ ,1987).
- 原拓志 (2007)「研究アプローチとしての『技術の社会的形成』」『科学・技術・社会』第16巻, pp.190-37-57.
- Henderson, Rebecca M. and Kim. B. Clark (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 9-30.
- MacKenzie, D., and J. Wajcman (1999). *The Social Shaping of Technology (2nd ed.)*. Berkshire, UK: Open University Press, pp.3-27.
- Murmann, Johan Peter and Koen Frenken (2006). Toward a Systematic Framework for Research on Dominant Designs, Technological Innovations, and Industrial Change. *Research Policy*, vol. 35, pp. 925-952.
- Nair, A., and D. Ahlstrom (2003). Delayed Creative Destruction and the Coexistence of Technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 20, pp. 345-365.
- Simon, Herbert A. (1969). *The Sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press (稲葉元吉・吉原英樹『システムの科学』パーソナルメディア 1987) .
- Tushman, M. L., and P. Anderson (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 31, No. 3, pp. 439-465.
- Tushman, M. L.. and L. Rosenkopf (1992). Organizational Determinants of Technological Change: Toward a Sociology of Technological Evolution. In Barry M. Staw and L. L. Cummings (eds.), *Research in Organizational Behavior*, vol. 14, pp. 311-347, Greenwich, CT; JAI Press.
- Ulrich, Karl (1995).The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm. *Research Policy*, 24, pp. 419-440.